

## **Microscopía atómica**

### *Microscopía con resolución atómica a través del efecto “túnel”*

**Dr. José Luis Maldonado**

**Centro de Investigaciones en Óptica (CIO)**

El microscopio de efecto túnel (en inglés Scanning tunneling microscope: STM), desarrollado en 1981 por Gerd Binnig y Heinrich Rohrer de IBM Zürich, ganadores del premio Nobel de física en 1986 (mismo año del primer STM comercialmente disponible) por el diseño del mismo, es un tipo de microscopio electrónico que muestra imágenes atómicas (centésimos de nanómetros) y tridimensionales de una muestra. El STM estudia la estructura de una superficie a nivel atómico utilizando una punta conductora extremadamente fina la cual escanea la superficie de la misma.

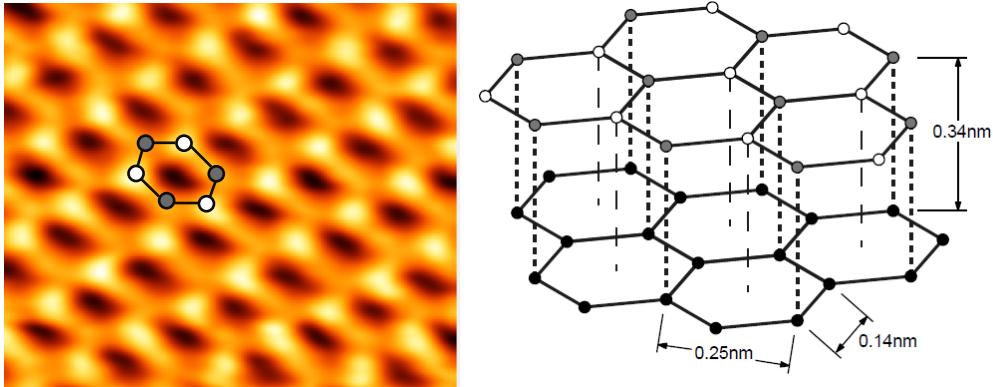
El STM está basado en el efecto cuántico de corriente de túnel, que es el fenómeno donde una partícula atraviesa una barrera que clásicamente no se puede superar, este efecto es el que nos permite “ver” la superficie.

Cuando la punta del STM se acerca a la superficie conductora, un voltaje aplicado entre la punta y la superficie establece una corriente de túnel. Midiendo la corriente de tunelaje entre la punta y la superficie, se puede obtener una imagen de las densidades electrónicas de estados con una resolución atómica. La microscopía de efecto túnel es una técnica desafiante, ya que requiere superficies extremadamente limpias y estables, puntas afiladas, excelente control de vibraciones y sofisticada electrónica.

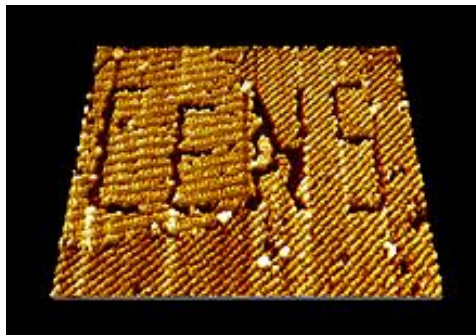
El STM es una de las herramientas científico/tecnológicas de microscopía de alta resolución empleadas en diversas áreas para la caracterización de semiconductores, compuestos químicos y nano-estructuras, proporcionándonos información sobre la topografía (características de su superficie), patrones intermoleculares (distancias y arreglos interatómicos) y conductividad eléctrica (transporte de carga eléctrica) local de moléculas individuales. Otra aplicación de esta técnica ha sido la de arreglar átomos o moléculas de uno en uno por la superficie de la muestra para crear las nano-estructuras deseadas.

El Grupo de Propiedades Ópticas de la Materia del CIO cuenta con un equipo STM que tiene una resolución de escaneo tridimensional (XYZ) de hasta 15 picómetros ( $15 \times 10^{-12}$  metros) y además pueden realizarse mediciones eléctricas nanoscópicas de corriente-voltaje. Se pueden examinar muestras conductoras de tamaño máximo de 10 mm de diámetro. Este tipo de tecnología hace posible que casos como el del estudiante doctoral del GPOM-CIO Irving Caballero Quintana,

quien actualmente se encuentra desarrollando su tesis de doctorado sobre este equipo y aplicándolo al análisis de celdas solares orgánicas (OPVs) y de perovskitas.



Izquierda: Grafito pirolítico altamente orientado (HOPG): Imagen obtenida en el GPOM-CIO con el equipo Nanosurf® easyScan 2 STM (tamaño: 1.58 nm × 1.58 nm; la máxima resolución que se puede obtener con este equipo es de 0.015 nm × 0.015 nm × 0.003 nm). Derecha: modelo de la estructura donde se puede observar que hay dos posiciones diferentes de los átomos de carbono en la red cristalina del grafito: una con un átomo contiguo en el plano basal (gris) y otra sin un átomo colindante en la red inferior (blanco), así, los átomos sin vecinos aparecen “más brillantes” que los otros (ver imagen de la izquierda).



Nano-manipulación por medio de STM de una monocapa autoensamblada de un polímero semiconductor (en este caso, moléculas de PTCDA) en grafito, ancho de las líneas del logo

CENS: 1-3 nm. Imagen tomada de:

Google: [scanning tunneling microscope, images](#)